




普通高等教育“十五”国家级规划教材

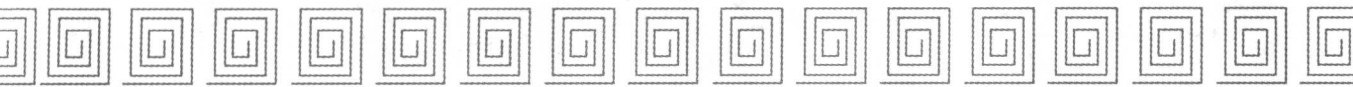
机械制造技术基础

Fundamentals of Manufacturing Technology

吉林大学 于骏一 邹青 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材
机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械制造技术基础

主编 于骏一 邹青
参编 祝佩兴 贾庆祥
主审 王先逵

主 编 于骏一 邹 青
参 编 祝佩兴 贾庆祥
主 审 王先逵

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材
机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材



机械工业出版社

机械工业出版社出版 机械工业出版社“十五”国家级规划教材

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材。此教材是根据机械工程类专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划,并结合这几年高校“机械制造技术基础”课教学工作的实际情况编写的。

这是一本以机械制造工艺和切削原理的基本理论和基本知识为主线,并将与之有关的机床、刀具、夹具等有关内容进行优化整合组建的技术基础课教材。

全书分七章,内容包括切削过程及其控制、加工方法及装备、机械加工质量及其控制、工艺规程设计、机床夹具设计和机械制造技术新发展等。

本书取材精炼,说理深入浅出,教材内容与相关实践性教学环节配合默契、联系紧密,是一本比较适用的《机械制造技术基础》教材。

为便于教学和学生自学,本教材配有相应的CAI课件。

本书供高等工业院校机械设计制造及其自动化、机械工程及自动化、工业工程、热能与动力工程、材料成型及控制工程、农业机械化工程等专业师生作教材;也可供工厂企业、科研院所从事机械制造、机械设计工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/于骏一,邹青主编. —北京:机械工业出版社, 2004. 1

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-111-13114-2

I.机... II.①于...②邹... III.机械制造工艺-高等学校-教材
IV.TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第085556号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:高文龙 邓海平 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:张静 责任印制:施红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·18.5印张·454千字

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

“机械制造技术基础”是1998年机械工程类专业教学指导委员会推荐设置的一门新的主干技术基础课。通过学习这门课程，要求学生掌握机械制造技术的基本知识和基本理论，为学习后续专业课和作毕业设计或毕业论文打下基础，也为学生毕业后从事机械设计制造工作打基础。

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。这是一本以机械制造工艺和切削原理的基本理论和基本知识为主线，将与之有关的机床、刀具、夹具等有关内容进行优化整合组建的技术基础课教材。本书按70学时编写。

“优质、高产、低成本”是指导机械制造技术工作的基本原则。机械制造人员的任务就是要在给定的生产条件下，按照预定的供货日期要求，最经济地制造出具有规定质量要求的机器。本教材将着力论述并自始至终贯彻这些原则。

“机械制造技术基础”是一门实践性很强的课程，须有相应的实践性教学环节与之配合。学习本课程前，学生须经“金工实习”环节的培训；学习本课程后，学生要到校外机器制造工厂进行生产实习。为帮助学生消化吸收“机械制造技术基础”课程的基本内容，本课程设有课程设计环节，旨在培养学生设计工艺规程和机床夹具的基本能力。为与生产实习、课程设计等实践性教学环节相配合，本书采用加工方法与常用制造装备相融合的方法，适当充实了加工方法与常用制造装备的内容，并将机床夹具设计专设一章介绍。

为便于教学和学生自学，本教材配有相应的CAI课件。

本书由于骏一、邹青任主编。第一章、第五章和第七章由于骏一编写，第二章由祝佩兴编写，第三章由贾庆祥编写，第四章和第六章由邹青编写。全书由清华大学王先逵教授主审；吉林大学王龙山教授，长春理工大学刘薇娜教授、长春工业大学王世龙教授、长春大学曲守平教授、长春工程学院孙伟副教授参加了审稿会；他们对教材书稿提出了许多宝贵意见，在此，谨向他们表示衷心感谢。

限于编者的水平，书中错误或不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
于吉林大学

目 录

前言		
第一章 绪论	1	
第一节 机械制造业在国民经济中的 地位与作用	1	
第二节 机械制造厂的生产过程和 工艺过程	2	
第三节 生产类型及其工艺特征	6	
第四节 基准	8	
第五节 工件的装夹	9	
学习本章内容的基本要求	12	
思考题与习题	12	
第二章 切削过程及其控制	14	
第一节 金属切削刀具基础	14	
第二节 金属切削过程中的变形	23	
第三节 切屑的类型及控制	29	
第四节 切削力	31	
第五节 切削热和切削温度	36	
第六节 刀具磨损和刀具寿命	39	
第七节 刀具几何参数和切削用量的合理 选择	44	
第八节 磨削原理	50	
学习本章内容的基本要求	56	
思考题与习题	57	
第三章 机械制造中的加工方法 及装备	59	
第一节 概述	59	
第二节 外圆表面加工	66	
第三节 孔加工	83	
第四节 平面及复杂曲面加工	94	
第五节 数控机床与数控加工	100	
第六节 特种加工	115	
学习本章内容的基本要求	122	
思考题与习题	122	
第四章 机械加工质量及其控制	124	
第一节 机械加工精度概述	124	
第二节 影响机械加工精度的因素	125	
第三节 加工误差的统计分析	146	
第四节 机械加工表面质量	155	
第五节 机械加工过程中的振动	162	
学习本章内容的基本要求	169	
思考题与习题	169	
第五章 工艺规程设计	173	
第一节 概述	173	
第二节 机械加工工艺规程设计	174	
第三节 成组加工工艺规程设计	206	
第四节 计算机辅助机械加工 工艺规程设计	212	
第五节 机器装配工艺规程设计	216	
第六节 机械产品设计的工艺性评价	229	
学习本章内容的基本要求	235	
思考题与习题	235	
第六章 机床夹具设计	240	
第一节 概述	240	
第二节 工件在夹具中的定位	241	
第三节 工件在夹具中的夹紧	250	
第四节 典型机床夹具	258	
第五节 机床夹具设计方法	267	
学习本章内容的基本要求	270	
思考题与习题	271	
第七章 机械制造技术的新发展	274	
第一节 超精密加工与纳米加工技术	274	
第二节 机械制造自动化技术	279	
第三节 快速响应制造技术	283	
学习本章内容的基本要求	286	
思考题与习题	286	
参考文献	287	



第一章

绪论

第一节 机械制造业在国民经济中的地位与作用

物质生产始终是人类社会生存发展的基础。制造业是人类财富在 20 世纪空前膨胀的主要贡献者,没有制造业的发展就没有今天人类的现代物质文明。据统计,美国财富的 68% 来自制造业,2000 年我国财政收入的三分之一来自制造业。“在我国,处于工业中心地位的制造业,特别是装备制造业,是国民经济持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是参与国际竞争取胜的法宝,是技术进步的主要舞台,是提高人均收入的财源,国际安全的保障,发展现代文明的物质基础”^[1]。

机械制造业是制造业最重要组成之一。它担负着向国民经济的各个部门提供机械装备的任务。我国现代化建设的发展速度在很大程度上要取决于机械制造业的发展水平,从这个意义上说,机械制造业的发展水平是关系全局的。

我国是世界上文化、科学发展最早的国家之一。随着农业和手工业的发展,我国最先应用了各种机械作为生产工具。早在公元前二千年左右,我国就制成了纺织机械;公元 260 年左右,我们的祖先就创造了木制齿轮,并应用轮系原理制成了水力驱动的谷物加工机械;在明代创造了和现在的铣削加工相类似的机械加工方法。然而后来我们落后了,从资本主义生产方式在欧洲大陆开始发展的 14 世纪起一直到 1949 年中华人民共和国成立这漫长的几百年间,由于封建主义的压迫和帝国主义的侵略,我国的机械制造业长期处于停滞状态。

旧中国的机械制造业基础十分薄弱,从 1865 年清朝政府在上海创办江南机械制造局起到 1949 年这 80 多年的时间里,全国只有屈指可数的少数城市有一些机械厂。新中国建立 50 多年来,我国已经建立了一个比较完整的机械工业体系。建国初期以万吨水压机等为代表的各种重型装备的研制成功,标志着国民经济有了自己的脊梁;“两弹一星”的问世表明我国综合国力的提高,使我国跻身于世界大国的行列^[2]。目前,全国电力、钢铁、石油、交通、矿山等基础工业部门所拥有的机电产品总量中,约有 80% 是我国自己制造的,其中 6000m 电驱动沙漠钻机已达到国际先进水平,300MW 和 600MW 火电机组已成为国家电力工

业的主力机组。到20世纪末,我国的发电设备年产1600万kW,汽车年产207万辆,金属切削机床年产15万台(机床产值的数控化率达30%),许多与人民生活密切相关的主要耐用消费机械产品的产量(电冰箱年产1045万台、家用空调机年产9800万台、摩托车年产1153万辆)业已位居世界前列,我国已成为名符其实的机械工业生产大国^[3]。

新中国用了50多年时间走过了工业发达国家200年的历程,成就举世瞩目;但与世界先进水平相比,我国机械制造业的整体技术水平和国际竞争能力仍有较大差距。我国国民经济建设和高新技术产业所需的许多装备目前尚依赖于进口;其次,制造业的人均劳动生产率比较低,仅为美国的1/25、日本的1/26、德国的1/20^[2];第三,企业对市场需求的快速响应能力不高,我国新产品开发周期平均为18个月,美国、日本、德国等工业发达国家新产品开发周期平均为4~6个月;第四,具有自主知识产权的高新技术产品少,“主要机械产品技术来源的57%来自国外,大多数电子及通信设备的核心技术仍依赖进口”^[1]。

“十五”以至今后十年机械工业科技工作的主要任务是:

1) 加快发展关系国计民生、涉及国家经济安全且对产业结构调整有重大影响的重大的技术装备,着力提高连铸连轧等大型冶金设备,乙烯裂解等大型石化设备,洁净煤发电等大型高效节能型电力设备以及环保、交通、纺织、造纸、煤炭、医药、建材、建筑施工机械等重大产品的性能指标,基本满足国家重点建设对重大装备的需要。

2) 发展为农业现代化服务的先进适用装备,积极发展高产、优质、高效农业所需的水稻、玉米、棉花生产机械化系列设备,农副产品精(深)加工、干燥、储运和保鲜设备,畜牧、水产养殖及草原建设系列成套设备,节水灌溉设备,园林机械设备等,更好地满足农村经济发展对农业装备的需求。

3) 重点开展符合国家安全、节能、排放法规的经济型轿车,发展适应高速公路需要的重型汽车及专用底盘,提高轿车、柴油车在汽车总产量中的比重。

4) 尽快提高数控机床产品的性能质量和可靠性(主要是提高机床主轴回转精度、主轴转速、坐标进给速度、加工中心换刀速度、无故障工作时间等),提高数控系统及关键功能部件的性能质量,扭转我国高速、高效、高精度数控机床长期依赖进口的局面。

5) 加速发展工业自动化控制系统和仪器仪表,使之成为运用信息技术提升传统制造业的重要载体。

6) 重点开发具有自主知识产权的敏捷制造技术和应用软件,增加数字化、智能化、网络化产品品种。

机械制造技术是机械制造企业实现产品设计、完成产品生产、保证产品质量、提高经济效益的共性技术和基础技术。在全球范围内,机械制造技术正朝着精密化、自动化、敏捷化和可持续发展方向发展。

同学们在学习“机械制造技术基础”这门课时,都要认真地想一想,在发展我国机械制造业的宏伟事业中我们自己所肩负的历史重任。

第二节 机械制造厂的生产过程和工艺过程

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

将自然界的物质做成对人们有用的机械,需要经历一系列的过程,例如,从矿井里开采

矿石，把矿石运到原材料制造厂经过熔炼变成各种原材料，将原材料送到机械制造厂采用各种加工方法把它们做成机器零件，再将机器零件装成具有规定性能的机器。

机械制造厂一般都从其他工厂取得制造机械所需要的原材料或半成品，从原材料（或半成品）进厂一直到把成品制造出来的各有关劳动过程的总和统称为工厂的生产过程，它包括原材料的运输保管、把原材料做成毛坯、把毛坯做成机器零件、把机器零件装配成机器、检验、试车、油漆、包装等。

工厂的生产过程又可按车间分为若干车间的生产过程。甲车间所用的原材料（或半成品），可能是乙车间的成品；而乙车间的成品，又可能是其他车间的原材料（或半成品）。例如，铸造车间或锻造车间的成品是机械加工车间的原材料（或半成品），而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料（或半成品）等等。

2. 工艺过程

在生产过程中凡属直接改变生产对象的尺寸、形状、物理化学性能以及相对位置关系的过程，统称为工艺过程；其他过程则称为辅助过程，例如统计报表、动力供应、运输、保管、工具的制造修理等。当然，把工艺过程从生产过程中划分出来，只能有条件地分到一定程度，例如，在机床上加工一个零件，加工前要把工件装夹到机床上去，加工后要测量它的尺寸等，这些工作虽然不直接改变加工件的尺寸、形状、物理化学性能和零件间相对位置关系，但还是把它们列在工艺过程的范畴之内，因为它们与加工过程密切相关，很难分割。

工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配等工艺过程。“机械制造技术基础”课只研究机械加工工艺过程和装配工艺过程。

一个同样要求的零件，可以采用几种不同的工艺过程来加工，但其中总有一种工艺过程在给定的条件下是最合理的，人们把工艺过程的有关内容用文件的形式固定下来，用以指导生产，这个文件称为工艺规程。

二、工艺过程的组成

1. 工序

一个工人或一组工人，在一个工作地对同一工件或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程，称为工序。

机械零件的机械加工工艺过程由若干工序组成，毛坯依次通过这些工序，就被加工成合乎图样规定要求的零件。例如，加工图 1-1 所示零件，其工艺过程可由表 1-1 所示的五个工序组成。

在同一工序内所完成的工作必须是连续的，例如，磨图 1-1 所示零件 $\phi 30h6mm$ 、 $\phi 28h6mm$ 圆柱面时，如果粗磨之后，把工件从磨床上卸下来，到高频淬火机上作表面淬火处理，然后再拿到磨床上进行精磨，即使所用磨床还是同一台磨床，粗磨工作和精磨工作都被分别看作是一个独立的工序，如表 1-1 所示。为什么？因为粗磨工作和精磨工作不是连续完成的。如果粗磨之后不进行热处理，也不把工件从磨床上卸下来紧接着就作精磨加工，那么，粗磨和精磨就被看作是一个工序。

表 1-1 工艺过程

工 序 号	工 序 名 称	工 作 地
1	车外圆、端面并加工孔	转塔车床
2	粗磨外圆及端面	外圆磨床
3	热处理	高频淬火机
4	精磨外圆及端面	外圆磨床
5	钳修	钳工台

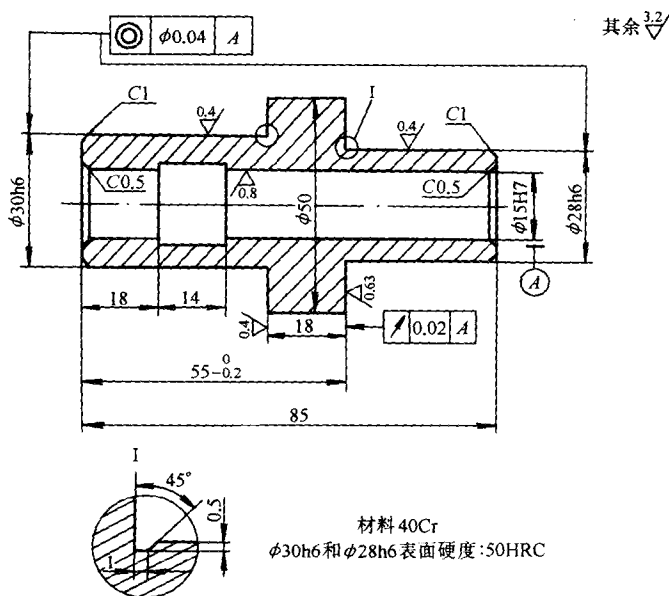


图 1-1 机器零件图

工序是工艺过程的基本组成部分，工序是制订生产计划和进行成本核算的基本单元。

2. 安装

在同一工序中，工件在工作位置可能只装夹一次，也可能要装夹几次。安装是工件经一次装夹后所完成的那一部分工艺过程。例如，表 1-1 所列工艺过程的第一道工序，一般都要进行两次装夹，才能把工件上所有的内外表面加工出来。

从减小装夹误差及减少装夹工件所花费的时间考虑，应尽量减少安装数。

3. 工位

在同一工序中，有时为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失，往往采用转位工作台或转位夹具。工位是在工件的一次安装中，工件相对于机床(或刀具)每占据一个确切位置中所完成的那一部分工艺过程。图 1-2 就是表 1-1 所列工艺过程中第一道工序的第二次安装的加工示意图，它利用转塔车床的转塔刀架、前后方刀架依次进行粗车外圆、钻中心孔、钻孔、挖槽、倒内孔角、扩孔、精车外圆、铰孔、车端面、倒角等工作，此安装由 9 个工位组成。

4. 工步

一个工序(或一次安装或一个工位)中可能需要加工若干个表面；也可能只加工一个表面，但却要用若干把不同的刀具轮流加工；或只用一把刀具但却要在加工表面上切多次，而每次切削所选用的切削用量不全相同。工步是在加工表面、切削刀具和切削用量(仅指机床主轴转速和进给量)都不变的情况下所完成的那一部分工艺过程。上述三个要素中(指加工表面、切削刀具和切削用量)只要有一个要素改变了，就不能认为是同一个工步。

为了提高生产效率，机械加工中有时用几把刀具同时加工几个表面，这也被看作是

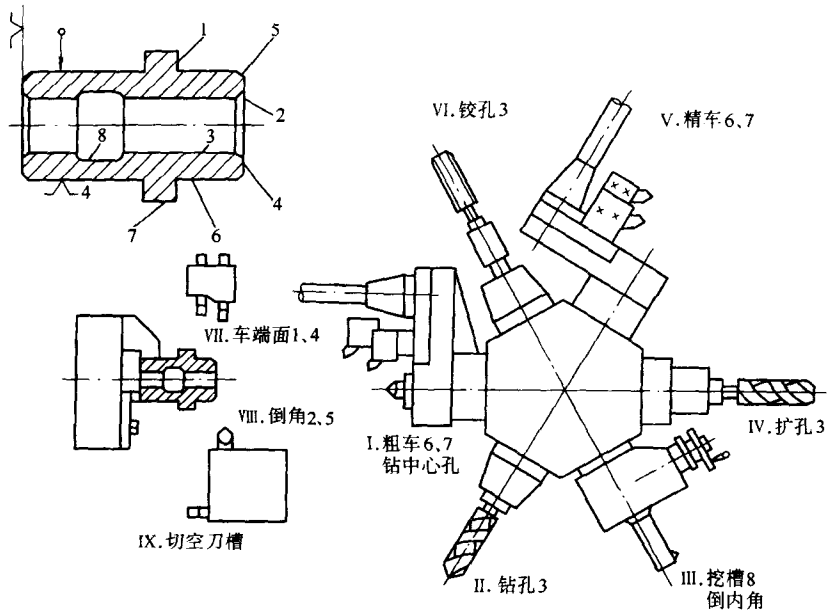


图 1-2 多工位加工

一个工步，称为复合工步。图 1-2 中工位 I、V、VII 的加工情况都是复合工步的加工实例。

为简化工艺文件，工艺上把在同一工件上依次钻若干相同直径的孔，看作是一个工步，例如，在尼龙喷丝头上钻几百个直径相同的小孔，如果照套工步的定义，势必认为这个钻孔工序包含有几百个工步，因而在工艺文件中的工步内容一栏中就要写上数百个相同的工步名称，这是极为繁琐的，从简化工艺文件考虑，可以把它们看作是一个工步。此种概念在生产中沿用至今，已经成为一种习惯了。

5. 走刀

在一个工步中，如果要切掉的金属层很厚，可分几次切，每切削一次，就称为一次走刀；图 1-3 所示车表面分两次切就是两次走刀。

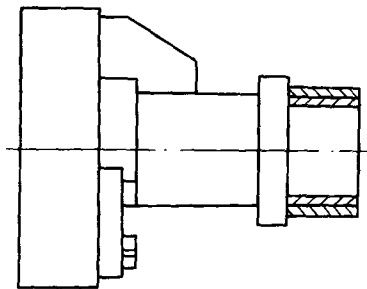


图 1-3 走刀示例

综上所述可知，工艺过程的组成是很复杂的。工艺过程由许多工序组成，一个工序可能

有几个安装,一个安装可能有几个工位,一个工位可能有几个工步,如此等等。

第三节 生产类型及其工艺特征

社会对于机械产品的需求是多种多样的,有些产品结构复杂,有些简单;有些产品技术要求高,比较精密,有些就不那么精密;有些产品社会需求量大,有些则需求量小。根据加工零件的年产纲领和零件本身的特性(轻重、大小、结构复杂程度、精密程度等),可以参照表 1-2、表 1-3 所列数据,将零件的生产类型划分为单件生产、成批生产和大量生产三种生产类型。产品种类很多,同一种产品的数量不多,生产很少重复,此种生产称为单件生产。产品的品种较少,数量很大,每台设备经常重复地进行某一工件的某一工序的生产,此种生产称为大量生产。成批地制造相同零件的生产,称为成批生产。每批制造的相同零件的数量,称为批量。批量可根据零件的年产量及一年中的生产批数计算确定;一年中的生产批数,须根据零件的特征、流动资金的周转速度、仓库容量等具体情况确定。按照批量多少和被加工零件自身的特性,成批生产又可进一步划分为小批生产、中批生产和大批生产;小批生产接近单件生产,大批生产接近大量生产;中批生产介于单件生产和大量生产之间。

表 1-2 加工零件的生产类型

生产类型		同种零件的年生产纲领(件/年)		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		< 5	< 20	< 100
成批生产	小批	5 ~ 100	20 ~ 200	100 ~ 500
	中批	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5000
	大批	300 ~ 1000	500 ~ 5000	5000 ~ 50000
大量生产		> 1000	> 5000	> 50000

表 1-3 不同机械产品的零件质量型别表

机械产品类别	加工零件的质量/kg		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子工业机械	< 4	4 ~ 30	> 30
机 床	< 15	< 15 ~ 50	> 50
重 型 机 械	< 100	100 ~ 2000	> 2000

加工零件的年产纲领 N 可按下式计算

$$N = Qn(1 + a\%)(1 + b\%)$$

式中 Q ——产品的年产量(台/年);

n ——每台产品中该零件的数量(件/台);

$a\%$ ——备品率;

$b\%$ ——废品率。

表 1-2 中的重型零件、中型零件、轻型零件,可参考表 1-3 所列数据确定。

各种生产类型的工艺特征详见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

名 称	大量生产	成批生产	单件生产
生产对象	品种较少, 数量很大	品种较多, 数量较多	品种很多, 数量少
零件互换性	具有广泛的互换性, 某些高精度配合件用分组选择法装配, 不允许用钳工修配	大部分零件具有互换性, 同时还保留某些钳工修配工作	广泛采用钳工修配
毛坯制造	广泛采用金属模机器造型、模锻等 毛坯精度高, 加工余量小	部分采用金属模造型、模锻等, 部分采用木模手工造型、自由锻造 毛坯精度中等	广泛采用木模手工造型、自由锻造 毛坯精度低, 加工余量大
机床设备及其布置	采用高效专用机床、组合机床、可换主轴箱(刀架)机床、可重组机床 采用流水线或自动线进行生产	部分采用通用机床, 部分采用数控机床、加工中心、柔性制造单元、柔性制造系统 机床按零件类别分工序段排列	广泛采用通用机床、重要零件采用数控机床或加工中心 机床按机群布置
获得规定加工精度的方法	在调整好的机床上加工	一般是在调整好的机床上加工, 有时也用试切法	试切法
装夹方法	高效专用夹具装夹	夹具装夹	通用夹具装夹, 找正装夹
工艺装备	广泛采用高效率夹具、量具或自动检测装置, 高效复合刀具	广泛采用夹具, 广泛采用通用刀具、万能量具, 部分采用专用刀具、专用量具	广泛采用通用夹具、量具和刀具
对工人要求	调整工技术水平要求高, 操作工技术水平要求不高	对工人技术水平要求较高	对工人技术水平要求高
工艺文件	工艺过程卡片, 工序卡片, 检验卡片	一般有工艺过程卡片, 重要工序有工序卡片	只有工艺过程卡片

由表 1-4 可知, 不同的生产类型具有不同的工艺特征。在制订零件机械加工工艺规程时, 必须首先确定生产类型, 生产类型确定之后, 工艺过程的总体轮廓就勾画出来了。

在同一个工厂中, 可能同时存在几种不同生产类型的生产。例如, 长春第一汽车集团公司是一个大量生产性质的企业, 但是它的工具分厂却是成批生产性质的分厂。即使是在同一个分厂中, 也可能同时存在着不同生产类型的生产。例如, 长春第一汽车集团公司的发动机分厂是大量生产性质的分厂, 可是它的杂件车间却是成批生产性质的车间。判断一个工厂(或一个车间)的生产类型应根据该厂(或车间)的主要工艺过程的性质来确定。

一般说, 生产同样一个产品, 大量生产要比成批生产、单件生产的生产效率高, 成本便宜, 性能稳定, 质量可靠。但是社会对不同机械产品的需求量有多有少。有没有可能对那些社会需求量不多的产品按照规模生产的方式组织生产呢? 可能性是有的, 出路在于产品结构的标准化、系列化, 如果产品结构的标准化、系列化系数能达到 70%~80% 以上, 即使在各类产品的生产数量不大的条件下也能组织区域性的(例如东北地区、华东地区等)专业化的大批量生产, 可以取得很高的经济效益。此外, 推行成组技术, 组织成组加工, 也可使大批量生产中被广泛采用的高效率加工方法和设备应用到中小批生产中去。

第四节 基 准

用来确定生产对象几何要素间几何关系所依据的那些点、线、面，称为基准。基准可分为设计基准和工艺基准两大类；工艺基准又可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准等。

一、设计基准

设计图样上标注设计尺寸所依据的基准，称为设计基准。图 1-4a 中， A 与 B 互为设计基准；图 1-4b 中， $\phi 40\text{mm}$ 外圆是 $\phi 60\text{mm}$ 外圆的设计基准；图 1-4c 中，平面 1 是平面 2 与孔 3 的设计基准，孔 3 是孔 4 和孔 5 的设计基准；图 1-4d 中，中心线是内孔 $\phi 30\text{H}7\text{mm}$ 、齿轮分度圆 $\phi 48\text{mm}$ 和顶圆 $\phi 50\text{h}8\text{mm}$ 的设计基准。

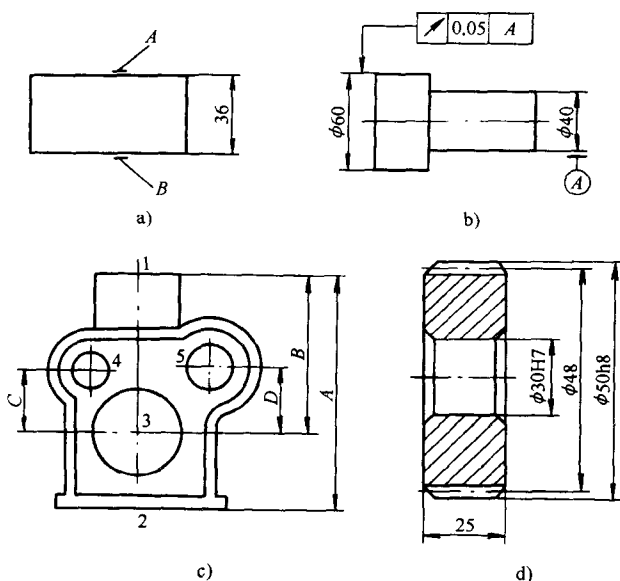


图 1-4 设计基准示例

二、工艺基准

工艺过程中所使用的基准，称为工艺基准。按其用途之不同，又可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

1. 工序基准

在工序图上用来确定本工序加工表面尺寸、形状和位置所依据的基准，称为工序基准（又称原始基准）。图 1-5 是一个工序简图，图中端面 C 是端面 T 的工序基准，端面 T 是端面 A 、 B 的工序基准，孔中心线为外圆 D 和内孔 d 的工序基准。为减少基准转换误差，应尽量使工序基准和设计基准重合。

2. 定位基准

在加工中用作定位的基准，称为定位基准。作为定位基准的点、线、面，在工件上有时不一定具体存在（例如，孔的中心线、轴的中心线、平面的对称中心面等），而常由某些具体的定位表面来体现，这些定位表面称为定位基面。例如，在图 1-5 中，工件被夹持在三爪卡盘上车外圆 D 和镗内孔 d ，此时 D 和 d 的设计基准与定位基准皆为中心线，而定位基面则为外圆面 E 。

3. 测量基准

工件在加工中或加工后, 测量尺寸和形位误差所依据的基准, 称为测量基准。例如, 在图 1-5 中, 尺寸 L_1 和 L_2 可用深度卡尺来测量, 端面 T 就是端面 A 、 B 的测量基准。

4. 装配基准

装配时用来确定零件或部件在产品中相对位置所依据的基准, 称为装配基准。图 1-4d 所示齿轮的内孔 $\phi 30H7\text{mm}$ 就是齿轮的装配基准。

上述各种基准应尽可能使之重合。在设计机器零件时, 应尽量选用装配基准作为设计基准; 在编制零件的加工工艺规程时, 应尽量选用设计基准作为工序基准; 在加工及测量工作时, 应尽量选用工序基准作为定位基准及测量基准; 以消除由于基准不重合引起的误差(基准不重合误差计算参见第四章第二节、第五章第二节)。

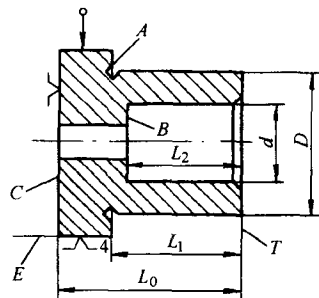


图 1-5 工序简图

第五节 工件的装夹

一、工件的装夹

在机床上加工工件时, 为使工件在该工序所加工表面能达到规定的尺寸与形位公差要求, 在开动机床进行加工之前, 必须首先将工件放在机床上或夹具中, 使它在夹紧之前就相对于机床占有某一正确的位置, 此过程称为定位。工件在定位之后还不一定能承受外力的作用, 为了使工件在加工过程中总能保持其正确位置, 还必须把它压紧, 此过程称为夹紧。工件的装夹过程就是定位过程和夹紧过程的综合。

定位的任务是使工件相对于机床占有某一正确的位置, 夹紧的任务则是保持工件的定位位置不变。

定位过程与夹紧过程都可能使工件偏离所要求的正确位置而产生定位误差与夹紧误差。定位误差与夹紧误差之和称为装夹误差。

二、工件的定位

物体在空间具有六个自由度, 即沿三个坐标轴的移动(分别用符号 \vec{x} 、 \vec{y} 和 \vec{z} 表示)和绕三个坐标轴的转动(分别用 $\vec{\alpha}$ 、 $\vec{\beta}$ 和 $\vec{\gamma}$ 表示), 如果完全限制了物体的这六个自由度, 则物体在空间的位置就完全确定了。

工件的定位应使工件在空间相对于机床占有某一正确的位置, 这个正确位置是根据工件的加工要求确定的。为了达到某一工序的加工要求, 有时不一定要完全限制工件的六个自由度。例如, 在图 1-6 所示工件上铣一个通槽, 其加工要求为: ①槽底到工件底面 A 的尺寸为 $a_{-0.075}$, 并要求槽底与工件底面 A 平行; ②槽侧面到工件侧面 B 的尺寸为 $b_{-0.075}$, 并要求槽侧面与侧面 B 平行。为保证要求①, 工件的底面 A 应放置在与铣床工作台面相平行的平面上定位, 三点可以决定一个平面这就相当于在工件的底面 A 上设置了三个支承点, 它限制了工件 \vec{z} 、 \vec{y} 和 \vec{x} 三个自由度; 为保证要求②, 工件的侧面 B 应紧靠与铣床工作台纵向进给方向相平行的某一直线, 两点可以决定一条直线, 这就相当于让工件侧面靠在两个支承点

上,它限制了工件 \vec{x} 和 \vec{z} 两个自由度。限制了上述 \vec{x} 、 \vec{z} 、 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{z} 五个自由度,就可以保证图1-6所示工件的加工要求,工件沿 y 方向的移动自由度 \vec{y} 可以不加限制。

综上所述知,欲使工件在空间处于完全确定的位置,必须选用与加工件相适应的6个支承点来限制工件的6个自由度,这就是工件定位的六点定位原理。但工件加工不一定非要使工件的位置达到完全确定的程度,图1-6所示加工实例,按照铣槽工序的加工要求,就只需限制5个自由度就足够了。工件在机床夹具上定位究竟需要限制哪几个自由度,可根据工序的加工要求确定。

分析工件定位所限制的自由度数时,必须把定位与夹紧区别开来,在图1-6所示加工实例中,工件限制了5个自由度, \vec{y} 自由度可以不加限制;但工件在夹紧后沿 y 轴确实是不能再移动了,这能不能说 \vec{y} 自由度也被限制了呢?不能这样认为,因为工件相对于机床的定位位置是在夹紧动作之前就已确定了的,夹紧的任务只是保持原先的定位位置不变。

工件加工所需限制的所有自由度必须全部限制,否则就会产生欠定位现象。例如,在上例中,铣槽工序需限制 \vec{x} 、 \vec{z} 、 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{z} 五个自由度,如果在工件侧面 B 上只放置一个支承点,则工件的 \vec{z} 自由度就未加限制,加工出来的工件就不能满足尺寸 $b_{-0.075}$ 的要求,也不能满足槽侧面须与工件侧面 B 平行的要求,欠定位的情况是不允许的。

工件定位是通过定位元件来实现的,在选择定位元件时,原则上不允许出现几个定位元件同时限制工件某一自由度的情况。几个定位元件重复限制工件某一自由度的定位现象,称为过定位。例如,在滚齿机上加工齿轮时,工件是以孔和它的一个端面作为定位基面装夹在滚齿机心轴1和支承凸台3上的(图1-7),心轴1限制了工件的 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{x} 、 \vec{y} 四个自由度,支承凸台3限制了工件的 \vec{z} 、 \vec{x} 、 \vec{y} 三个自由度,心轴1和支承凸台3同时重复限制了工件的 \vec{x} 和 \vec{y} 两个自由度,出现了过定位现象。一般说,滚齿机心轴轴线与支承凸台平面的垂直度误差是很小的,而被加工工件孔中心线与端面的垂直度误差则较大;工件以内孔定位装在滚齿机心轴1中并用螺帽7将工件4压紧在支承凸台3上后,会使机床心轴产生弯曲变形或使工件产生翘曲变形。出现过定位情况,通常会使加工误差增大。在研究确定定位方案时,原则上不允许出现某一自由度出现重复限制的情况;只有在需要增强工件系统的刚度而各定位面间又具有较高位置精度的条件下才允许采用过定位定位方案。对于图1-7所示的过定位定位方式,为减小由于过定位引起的心轴弯曲或工件翘曲误差,通常要

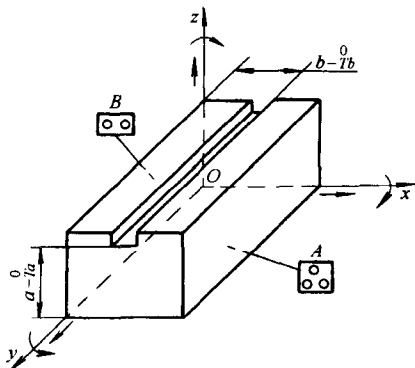


图1-6 定位分析示例

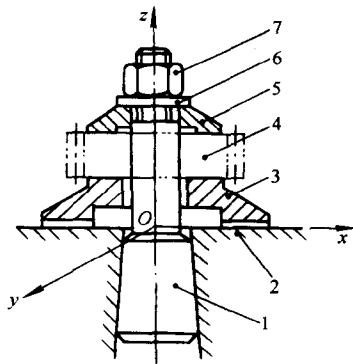


图1-7 过定位分析示例

- 1—心轴 2—工作台 3—支承凸台
4—工件 5—压块 6—垫圈
7—压紧螺帽

研究确定定位方案时,原则上不允许出现某一自由度出现重复限制的情况;只有在需要增强工件系统的刚度而各定位面间又具有较高位置精度的条件下才允许采用过定位定位方案。对于图1-7所示的过定位定位方式,为减小由于过定位引起的心轴弯曲或工件翘曲误差,通常要

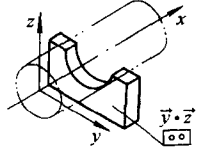
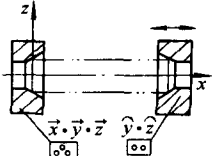
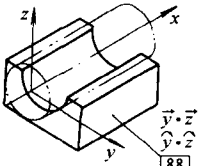
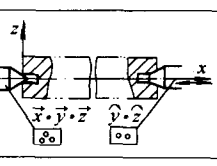
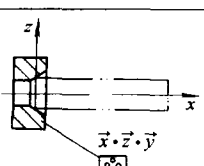
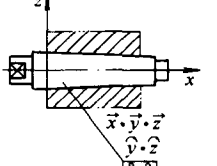
求定位孔与定位端面应相互垂直。

表 1-5 列出了常见的几种定位基面、定位元件所限制的自由度。

表 1-5 常见典型定位方式及定位元件所限制的自由度

工件定位基面	定位元件	定位方式及所限制的自由度	工件定位基面	定位元件	定位方式及所限制的自由度
平面	支承钉		外圆柱面	圆孔	
	支承板			支承板或支承钉	
	固定支承与自位支承			V形块	
	固定支承与辅助支承			V形块	
圆孔	定位销(心轴)		定位套	定位套	
	锥销				

(续)

工件定位基准面	定位元件	定位方式及所限制的自由度	工件定位基准面	定位元件	定位方式及所限制的自由度
外圆柱面	半圆孔		外圆柱面	锥套	
					
	锥套		锥孔	锥心轴	

注：□内点数表示相当于支承点的数目 □外注表示定位元件所限制工件的自由度

学习本章内容的基本要求

1. 深入理解机械制造业在国民经济中的地位与作用。
2. 了解建国 50 多年来我国在发展机械制造业方面所取得的成绩和当前存在的主要问题。
3. 了解“十五”以至今后十年机械工业科技工作的主要任务。
4. 了解机械制造技术的发展方向。
5. 熟悉了解生产过程和工艺过程的概念，能够准确判别生产过程中的哪些生产活动属于工艺过程，哪些生产活动不属于工艺过程。
6. 熟悉了解工艺过程每个组成的定义。
7. 熟悉了解三种不同生产类型的工艺特征，能根据生产零件的生产纲领和零件本身的特性确定生产类型。
8. 熟悉了解设计基准、装配基准、工序基准、定位基准和测量基准的概念。
9. 掌握工件定位的六点定位原理，消理解表 1-5 所列常见典型定位方式和定位元件所限制的自由度。
10. 熟悉了解欠定位和过定位的基本概念。

思考题与习题

- 1-1 什么是生产过程、工艺过程和工艺规程？
- 1-2 什么是工序、工位、工步和走刀？试举例说明。
- 1-3 什么是安装？什么是装夹？它们有什么区别？
- 1-4 单件生产、成批生产、大量生产各有哪些工艺特征？